

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-36120

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

| (51) Int.Cl. <sup>8</sup> | 識別記号  | 庁内整理番号 | F I           | 技術表示箇所  |
|---------------------------|-------|--------|---------------|---------|
| H 0 1 L 21/321            |       |        | H 0 1 L 21/92 | 6 0 2 H |
| 21/60                     | 3 1 1 |        | 21/60         | 3 1 1 Q |
|                           |       |        | 21/92         | 6 0 3 E |
|                           |       |        |               | 6 0 4 M |

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平7-180440

(22) 出願日 平成7年(1995)7月17日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山田 浩

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株  
式会社東芝生産技術研究所内

(72) 発明者 本間 荘一

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株  
式会社東芝生産技術研究所内

(72) 発明者 斉藤 雅之

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株  
式会社東芝生産技術研究所内

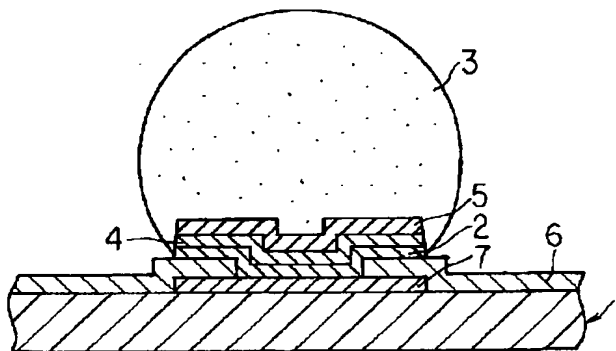
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ハンダとバリアメタルとの拡散による金属間化合物の生成を防止し、その接続強度を向上し、信頼性の高い半導体装置を得る。

【解決手段】 バリア金属層と、ハンダバンプ材料と安定合金化する第1の接続層と、該ハンダバンプ材料のうち、該バリア金属層と安定合金化しない金属を、ハンダバンプよりも高濃度を含む第2の接続層との積層体と、その上に形成されたハンダバンプとを含むバンプ電極を設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体チップ、該半導体チップ上に設けられたボンディングパッド、及び該ボンディングパッド上に突出形成されたハンダバンプを有するバンプ電極を具備する半導体装置において、前記バンプ電極は、ボンディングパッド上に形成されたバリア金属層と、該バリア金属層上に形成され、ハンダバンプ材料と安定合金化する第 1 の接続層と、該第 1 の接続層上に形成され、該ハンダバンプ材料のうち、該バリア金属層と安定合金化しない金属を、ハンダバンプよりも高濃度を含む第 2 の接続層と、該第 2 の接続層上に形成されたハンダバンプとを含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 半導体チップ、該半導体チップ上に設けられたボンディングパッド、及び該ボンディングパッド上に突出形成されたハンダバンプを有するバンプ電極を具備する半導体装置を製造する方法であって、前記ボンディングパッド上に、バリア金属層を形成する工程、該バリア金属層上にハンダバンプ材料と安定合金化する第 1 の接続層を形成する工程、該第 1 の接続層上に、該ハンダバンプ材料のうち、該バリア金属層と安定合金化しない金属を、ハンダバンプよりも高濃度を含む第 2 の接続層を形成する工程、及び該第 2 の接続層上に、ハンダバンプを形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体装置に係り、特に回路配線基板上にフリップチップ実装する半導体チップのボンディングパッド上に形成するバンプ電極及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、半導体装置は高集積化が進行して、実装技術も高密度化が求められている。半導体装置の高密度実装技術にはワイヤボンディング技術、TAB 技術などが代表的には挙げられるが、最も高密度の実装技術として、フリップチップ実装技術が、コンピュータ

$$\gamma_{\max} = \{1 / (D_{\min} / 2)^{2/\beta}\}$$
(D<sub>min</sub> ; 最小バンプ径、β ; 材料定数、V ; ハンダ体積、h ; ハンダ高さ、Δα ; 熱膨張係数の差、ΔT ; 温度差、d ; チップ中心からバンプ中心までの距離)

従って、フリップチップ実装の信頼性を向上させるために、(1) 半導体チップの中心点からバンプ電極の中心点までの距離を小さくする、(2) 半導体チップの熱膨張係数と回路配線基板の熱膨張係数の差を小さくする、(3) 温度差が大きくなりながら放熱性を向上させる、(4) 半導体チップと回路配線基板の隙間に樹脂充填してフリップチップ実装構造を強固にする、(5) バンプ電極構造と材料を応力歪に対し強固な構造にするなどの手段を用いることにより解決されてきた。

【0008】 例えば、バンプ電極の配置を変更し、半導

機器などの半導体装置を高密度実装する技術として、多く用いられている。このフリップチップ実装技術は、米国特許第 3401126 号公報及び米国特許第 3429040 号公報が開示されて以来、広く公知の技術となっている。

【0003】 フリップチップ実装は、図 29 に示す様に、半導体チップのボンディングパッド上に突起形状を有するバンプ電極を形成して、このバンプ電極を介して、半導体チップのボンディングパッドと回路配線基板の電極パッドとを、図 30 に示す様に、電気的、機械的に相互接続する技術である。

【0004】 フリップチップ実装技術では、半導体チップの熱膨張係数と回路配線基板の熱膨張係数が一般的には互いに異なるため、半導体チップの動作中に発生した熱がバンプ電極を通して回路配線基板に伝達し、熱膨張係数の相異に起因する変位が、半導体チップと回路配線基板に発生する。発生した変位は、半導体チップと回路配線基板を接続するバンプ電極に、応力歪を発生させる。この熱膨張係数の相異に起因する変位による応力歪は、発熱した半導体装置が冷却した場合にも発生する。

【0005】 さらに、外部温度雰囲気温度差が生じた場合にも、上述と同様の応力歪が、バンプ電極部分に発生する。バンプ電極部分の応力歪は、フリップチップ実装されたバンプ電極を破壊させることになり、信頼性寿命を低下させる。

【0006】 信頼性寿命は、IBM J. Res. Develop., 13; 251 (1969) に記載されている様に  $N_f = C f^{1/3} \gamma_{\max}^{-2} \exp(1428/T_{\max})$  で表されるサイクル寿命の式 (C ; 定数、f ; 周波数、T<sub>max</sub> ; 最大温度) から、バンプ部分に発生する最大剪断歪 γ<sub>max</sub> を減少させることにより信頼性寿命が向上することが知られている。更に、信頼性寿命の式に示すバンプ電極に発生する最大剪断歪は、以下の式で表される。

## 【0007】

$$(V / \pi h^{1+\beta})^{1/\beta} \cdot d \cdot \Delta T \cdot \Delta \alpha$$

体チップの中心点からバンプ電極の中心点までの距離を小さくする (1) の方法は、特願平 4-19855 号公報において記載されている。また、回路配線基板の材料を考慮し、熱膨張係数を半導体チップの熱膨張係数と類似また一致させる (2) の提案は、特に MCM (Multi chip Module) において、広く公知の技術になっている。

【0009】 更に、半導体チップの温度変化を小さくして発生する変位量を小さくする (3) の方法は、例えば、特開昭 58-23462 号公報において、半導体チップの裏面に放熱フィンを設ける提案などが行われており、公知の技術となっている。

【0010】 更に、半導体チップと回路配線基板の隙間

## 3

に樹脂充填し、実装構造を強固する方法(4)は、特開昭61-194732号、特開昭62-252946号、特開昭61-13337号、特開平4-219944号公報などに提案されている。

【0011】更に、パンプ電極と材料を応力歪に対して強固にする方法(5)は、米国特許3401126号公報、特開昭60-38839号公報、特開昭59-5637号公報に記載されている。このパンプ電極構造を制御する方法は、これまで多くの提案が行われているが、例えば特開昭62-117346号公報、特開昭59-218744号公報では、パンプ電極の構成を、高融点と低融点の2層の組み合わせで構成してリフローすることにより、パンプ構造をつづみ型にしている。

【0012】また、パンプ電極に加わる応力は、上述した剪断歪の式から明らかな様に、材料の定数に対しても依存しているため、ハンダ材料を最適範囲内に限定して信頼性を向上させる提案が行われている。ハンダ材料については、Proc. 26th ECC, 67, (1976)に記載されている様に、Pb-5%Sn系合金が信頼性に対して有効である報告が行われている。更に、特開昭61-65442号公報、及び特開昭61-80828号公報では、Snの含有量を65~80%、又は50%にすることにより信頼性が向上するなど、実情に即した方法で、応力緩和が行われている。

【0013】ところが、ハンダをパンプ電極材料として用いるときは、ボンディングパッド材料であるアルミニウムとハンダとの拡散を防止するため、ハンダ拡散を防止するバリア金属を形成する必要がある。

【0014】特開昭59-121955号公報は、特に、バリア金属部分での残留応力に対する剥離問題の解決策を提案するものであり、バリア金属に酸素が分散されたチタン層を用いて、バリア金属に内在する引張応力を緩和する方法を開示している。チタンを接着金属として用いるバリア金属構造は、基本的に引張応力を内在しているが、ここでは、酸素を分散させたチタン膜が圧縮応力を内在していることを発見したことにより、この酸素分散チタン膜をバリア金属に適用して、引張応力に起因する剥離不良を減少させることを提案している。

【0015】更に、特開昭56-121955号、米国特許5137845号公報は、Cr/Cu/Auから構成されるバリア金属端部を傾斜を有する構造にして、バリア金属端部に集中する応力を緩和させるものである。図29は、端部に傾斜を有するバリア金属を用いた図であり、この様な構成では、応力歪がバリア金属に集中しても、発生する応力は、順次上方に向かって緩和できるため、バリア金属部分に対する信頼性は向上するものである。

【0016】以上の様なバリア金属の剥離に関する問題は、パンプサイズが近年の様に、特に微細化してくると重要な問題となっている。

## 4

【0017】米国特許第4360142号公報、米国特許4290079号公報はバリア金属の接着強度を向上させるために、バリア金属をCr/Cr-Cu/Cu/Auとすることにより、従来剥離が生じていたバリア金属の信頼性を向上させている。尚、この構成では、最上層のAuはリフロー時にハンダ中に拡散しているため、最終的には、ハンダと接する界面には銅が配置されている。

【0018】ところがこれらの方法では、ハンダ中に含有されるSn量が多い場合は、Cu-Sn合金が形成され、密着強度が低下して、パンプ電極に応力が加わった場合は、バリア金属部分で剥離が生じ、フリップチップ実装の不良が発生する問題があった。

【0019】ハンダと銅が接する界面において金属間化合物が生成して密着強度が低下する報告も行われており、例えば、The International Journal of Microcircuit and Electronic Packaging Vol. 16 No. 1 First Quarter 1993, では、Cu-Sn拡散と接着強度低下の関係が記載されている。この論文ではCu<sub>3</sub>Sn, Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>などが、ハンダと銅の界面に形成され、特に銅上にCu<sub>3</sub>Snが形成された後、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>が成長することにより接着強度が低下する結果が記載されている。図31にはCu-Sn状態図を示す。

【0020】そこで特開平3-18497号公報では、ハンダと銅の合金成長を抑えるために、ハンダ中に銅を含有させ、バリア金属部分における合金生成を防止する提案が行われている。また、1992年電子情報通信学会秋季大会予稿集p5-13では、銅がハンダ中に拡散して接着強度が低下しない様に、銅柱材をハンダ中に配置する提案を行っている。このハンダ中に柱材を形成する提案は特開平5-235102号、米国特許第3303393号公報、特開昭60-57957号公報においても提案されている。

【0021】ところが、これらの方法においても銅と錫の拡散進行は抑えられるのではなく、長時間における電子機器使用ではバリア金属拡散が進行して、パンプ電極のバリア金属部分で剥離が生じる問題が残っていた。

【0022】ハンダと銅の界面における密着力の低下に関する問題は、ハンダの拡散バリア金属として一般的に用いられるニッケルにおいても発生し、図32に示す様にNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>の生成によりパンプ電極破壊が生じて信頼性が低下する問題があった。

【0023】いずれにしろ、従来までの方法では半導体チップ上にパンプ電極を形成することは可能であるものの、ハンダとバリア金属の合金化により、信頼性が必ずしも十分に確保できない問題があった。特にバリア金属の最上層に銅、またはニッケルを用いた場合においては、重要な問題となっていた。

## 【0024】

【発明が解決しようとする課題】以上の様に、高密度、高速実装を可能にするフリップチップ実装方法では、半導体チップと回路配線基板の熱膨張係数の相異に起因する応力歪がバンプ電極部分に発生してバンプ電極を破壊させる信頼性上極めて重要な問題があった。

【0025】このため応力歪を減少させる方法として、

(1) 半導体チップの中心点からバンプ電極の中心点までの距離を短くする、(2) 半導体チップの熱膨張係数と回路配線基板の熱膨張係数の差を小さくする、(3)

温度差が大きくなならない様に放熱性を向上させる、(4) 半導体チップと回路配線基板の隙間に樹脂充填してフリップチップ構造を強固にする、(5) バンプ電極構造を応力歪に対して強固な構造にする、などの方法が提案され、ある程度その効果が発揮されてきた。

【0026】特に、バンプ電極構造を応力歪に対して強固にする提案は多く行われており、バンプ電極構造を高融点と低融点のハンダ材料を積層してつづみ型にした

り、ハンダ材料中の Sn 量を一定範囲組成に制御する提案などが行われている。

【0027】また一方では、バンプ材料のハンダとボンディングパッド材料のアルミニウムとの拡散を防止してバリア金属密着性を向上させるために、形成するバリア金属構造とその材料を特定化することにより、信頼性を向上させる提案が行われている。

【0028】このバリア金属に関する提案には、バリア金属として用いるチタンに酸素を分散させることにより密着性を向上させる方法、バリア金属端部に傾斜を形成して応力歪を順次緩和させる方法などが挙げられるが、

バンプサイズが近年の様の微細化してくるとバリア金属部分での剥離に関する問題は必ずしも容易に解決されるものではなかった。

【0029】バリア金属部分での剥離を防止して接着力を向上させる方法としては、積層するバリア金属の各金属層間に積層する金属の合金層を形成する方法が提案されているが、ハンダとの拡散により密着力が低下するため、バンプ電極が破壊される問題は解決されていなかった。

【0030】この拡散によって接着力が低下する問題は、バリア金属に銅を用いた場合において特に顕著であり、バンプ電極を高くするため銅を柱材として用いる場合は重要な問題であった。銅とハンダの拡散により接着力が低下する問題は良く知られており、ハンダ中に銅を含有させる提案も行われているが、ハンダ中に含有させる錫量が多い場合には、銅と錫の金属間化合物が形成されるため、接着力が低下する問題は解決されていなかった。同様の問題はバリア金属としてニッケルを用いた場合においても発生しており、信頼性を向上させるためには問題があった。

【0031】更に、ガラス基板を支持体としている様

な、熱伝導率が低くチップサイズが大きな半導体チップをリフロー接続するときは、全体が均一に熔融するまで長時間を必要とするため、一部のバンプ電極のみが熔融されて長時間のリフローによりバリア金属のうちハンダ濡れの良好な金属がハンダ中に熔融され、ハンダ濡れの悪いバリア金属全体が露出して、ハンダとの密着力が低下するという問題もあった。

【0032】このように、これまでバリア金属に関して接着力を向上させる提案は行われていたが、これらの提案は、積層するバリア金属の強度向上を行うものであり、ハンダとバリア金属との拡散により生成する金属間化合物のため接着力が低下する問題に関する提案は行われておらず、バリア金属部分でバンプ電極が破壊される問題は解決されていなかった。

【0033】本発明は、上記の課題を鑑みてなされたものであり、半導体チップを回路配線基板にフリップチップ実装する半導体装置のバンプ電極において、バンプ材料であるハンダ組成を考慮して、ハンダとバリア金属との拡散を防ぎ、従来の構造以上に最適にバンプ電極の構造を特定化することにより、信頼性の高い半導体装置を提供実現するものである。

## 【0034】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1に、半導体チップ、該半導体チップ上に設けられたボンディングパッド、及び該ボンディングパッド上に突出形成されたハンダバンプを有するバンプ電極を具備する半導体装置において、前記バンプ電極は、ボンディングパッド上に形成されたバリア金属層と、該バリア金属層上に形成され、ハンダバンプ材料と安定合金化する第1の接続層と、該第1の接続層上に形成され、該ハンダバンプ材料のうち、該バリア金属層と安定合金化しない金属を、ハンダバンプよりも高濃度に含む第2の接続層と、該第2の接続層上に形成されたハンダバンプとを含むことを特徴とする半導体装置を提供する。

【0035】本発明は、第2に、半導体チップ、該半導体チップ上に設けられたボンディングパッド、及び該ボンディングパッド上に突出形成されたハンダバンプを有するバンプ電極を具備する半導体装置を製造する方法であって、前記ボンディングパッド上に、バリア金属層を形成する工程、該バリア金属層上にハンダバンプ材料と安定合金化する第1の接続層を形成する工程、該第1の接続層上に、該ハンダバンプ材料のうち、該バリア金属層と安定合金化しない金属を、ハンダバンプよりも高濃度に含む第2の接続層を形成する工程、及び該第2の接続層上に、ハンダバンプを形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

## 【0036】

【本発明の実施の形態】本発明によれば、バンプ電極を形成する金属の、特にバリア金属とハンダバンプが接する界面に拡散進行を防止する安定な合金の層と、ハンダ

バンプを構成する金属のうち安定な合金を形成する元素以外の元素の層とが形成配置されているために、この新規に形成される２種類の金属層が金属拡散ストッパー膜として作用し、金属間化合物層を必要以上に形成させないため、接続強度を向上させることが可能になる。

【００３７】このため従来は半導体装置を長期間に渡って使用していた場合に問題となっていたバリア金属部分の剥離に起因するバンプ電極破壊を防止することができ、フリップチップ実装した半導体装置の信頼性を極めて向上させることが可能になる。

【００３８】更に、本発明によれば、バンプ電極をハンダ融点以上に加熱してリフロー接続するとき、バリア金属として形成した最上層金属がハンダに溶解され、下地バリア金属が露出することにより密着力が低下するなどの問題を解決することが可能になる。

【００３９】以下、図面を参照して本発明を具体的に説明する。

【００４０】図１は、本発明に係る半導体装置の基本的構造を示す断面構成図である。図２は、本発明に係る半導体装置をフリップチップ実装した電子回路装置の基本的構造を示す部分構成図である。

【００４１】図１に示すように、この半導体装置は、半導体チップ１と、半導体チップ１上に設けられたボンディングパッド７と、ボンディングパッド７上に形成されるバリア金属層２と、バリア金属層２及びハンダバンプ材料と安定合金化する第１の接続層４と、ハンダバンプ材料のうちバリア金属層２と安定合金化しない金属を高濃度を含み、かつ第１の接続層４と安定合金化する第２の接続層５と、第２の接続層５上に形成されたハンダバンプ３とから基本的に構成される。バリア金属層２としては、例えばCu、Ni、Au、W、Ag、Al、Cr、及びTi等から選択される少なくとも１種の金属を含む層を用いることができる。また、ハンダバンプ材料としては、Pb、Sn、In、Sb、Bi、Ga、及びGeから選択される少なくとも１種の金属を含む層を用いることができる。

【００４２】この半導体装置は、図２に示すように、回路基板２１上の接続端子２３に、そのハンダバンプ３を介して接続してフリップチップ実装することにより、電子回路装置に適用し得る。なお、ここでは、バリア金属層２、第１の接続層４、及び第２の接続層５をまとめて積層体６１として表す。

【００４３】本発明にかかる半導体装置の第１の実施の形態に係る半導体装置の概略断面図を、図３に示す。

【００４４】図３に示す半導体装置では、バリア金属層２は銅からなり、ハンダバンプ３の材料が少なくとも錫鉛を含有するハンダ合金からなる。ここでは、バリア金属層２上に、第１の接続層として、Cu<sub>3</sub>Sn層３１、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>層３２の順に形成された２層積層構造の金属合金層が形成され、この上に、鉛が高濃度に分散され

た第２の接続層５が形成され、その上に、ハンダバンプ３が形成されている。第１の実施の態様では、第１の接続層を構成するCu<sub>3</sub>Sn層３１は、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>層３２に比較して膜厚が厚く設定される。

【００４５】上述のように、バンプ材料として錫／鉛ハンダ合金、バリア金属の最上層として銅を形成する場合において、銅上にCu<sub>3</sub>Sn合金、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>合金を順次形成することにより、安定な金属間化合物を形成し、鉛層をCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>上に形成しているため、錫／鉛ハンダと銅との拡散進行を防止することが可能になる。また、銅上に形成するCu<sub>3</sub>Sn合金膜厚層は、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>膜厚層に比較して大きく形成することが好ましく、この構成にすることにより、合金層は一定の膜厚以上に拡散が進行しない構造となり、さらに安定化される。

【００４６】鉛含有層はハンダ側からCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>側に向かって鉛濃度が増加する組成にすることが好ましく、この組成により、ハンダ中に存在する錫とCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>合金の拡散進行を防止することができるため、鉛反応防止ストッパーとしてより効果的に作用し、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>の生成を抑えることが可能となり、接続信頼性はさらに向上する。

【００４７】更に、本発明にかかる半導体装置の第２の実施の形態を表す概略断面図を図４に示す。この半導体装置は、図４に示す様に、バリア金属層２がニッケルを含有する合金からなり、ハンダバンプ３が少なくとも錫鉛を含有するハンダ合金からなる。ここでは、バリア金属層２上に、Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>からなる第１の接続層４１が形成されており、第１の接続層４１上に、鉛が高濃度に分散された合金層からなる第２の接続層５が形成され、その上にハンダバンプ３が形成されている。

【００４８】ここでは、ニッケル上にNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>を形成し、鉛層をNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>上に形成しているため、ハンダとバリア金属の拡散が進行しない安定な構造となっている。

【００４９】このとき、鉛含有層を、ハンダ側からNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>側に向かって鉛濃度が増加する組成とすることが好ましく、この組成により、ハンダ中に存在する錫とNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>合金の拡散を防止し、鉛反応防止ストッパーとして作用し、Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>の反応生成を抑えることが可能になり、接続信頼性が向上する。

【００５０】これまで高温環境下において剪断強度が低下していた原因は、ハンダと、銅またはニッケル等との拡散が進行して、ハンダと濡れ性の良くないチタンと接するようになり、ハンダとチタン間に剥離が生じていた。ところが、本発明によれば、拡散を防止するストッパーとして、ハンダと例えば銅またはニッケル等から形成され得る合金層を予め形成しているため、金属拡散が必要以上に進行せず、バリア金属部分で剥離が生じない。従って剪断強度を充分確保することができるため信

頼性を向上させることが可能になった。

【0051】以下に、本発明の第1及び第2の実施の形態を製造するための方法の一例について説明する。

【0052】第1の形態にかかるパンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を図5ないし図16に示す。

【0053】図5に示すように、まず、半導体チップ1上にボンディングパッド7が形成され、ボンディングパッド7の一部分を除いて例えばPSG（リン・シリカ・ガラス）またはSiN（窒化シリコン）から構成されるパッシベーション膜6が形成されている例えばシリコン製のウエハ1を用意し、このシリコンウエハ1上に、バリア金属層2として例えばCu/Tiを全面に蒸着する。（Cu=1μm、Ti=0.1μm）

このCu/Ti膜は、パンプを電気メッキで形成する場合のカソード金属として用いられる。更に、このCu/Ti膜はハンダパンプ3を電気メッキで形成後、必要部分をエッチングすることで最終的にはハンダパンプ3のバリア金属層2となる。

【0054】次いで、図6に示すように、Cu/Ti蒸着されたシリコンウエハ1上に、厚膜レジストAZ4903（ヘキストジャパン社製）をスピコートして、膜厚が100μm厚のレジスト層51を形成する。このレジスト層51には、露光/現像により、90μm平方の

#### 硫酸銅メッキ液の組成

|  |           |
|--|-----------|
| 硫酸銅5水和物                                    | 2オンス/ガロン  |
| 硫酸   | 30オンス/ガロン |
| 塩酸   | 10ppm     |
| チオキサンテート-s-プロパンスルホン酸<br>（またはチオキサンテートスルホン酸） | 20ppm     |
| ポリエチレングリコール（分子量：400,000）                   | 40ppm     |
| ポリエチレンイミン（分子量：600）<br>と塩化ベンジルとの反応生成物       | 2ppm      |
| または  |           |
| 硫酸銅5水和物                                    | 30オンス/ガロン |
| 硫酸   | 8オンス/ガロン  |
| 塩酸   | 30ppm     |
| ジチオカルバメート-s-プロパンスルホン酸                      | 30ppm     |
| ポリプロピレングリコール（分子量：700）                      | 10ppm     |
| ポリエチレンイミンと臭化アリル<br>またはジメチル硫酸との反応生成物        | 0.3ppm    |

このとき形成する銅は必ずしも35μm厚にメッキする必要はなく、必要に応じて膜厚は任意に設定できる。従って、銅をCu/Ti膜上に厚付けする必要は必ずしもなく、Cu/Ti膜のままであっても良い。

【0058】また、Cu/Ti膜上に形成する場合の銅は必ずしもメッキ法である必要はなく、公知の技術であるEB蒸着法、スパッタ法を用いて、所定の膜厚を有するCuを形成しても何ら問題はない。

【0059】さらに電気メッキするためのレジストとして形成したAZ4093からなるレジスト層51を、ア

開口寸法を有するボンディングパッドよりも一辺が5μmずつ大きい寸法を有する100μmの開口部をCu/Ti膜上に形成する。

【0055】露光は、レジストの厚みが厚くても充分な量の露光エネルギーを照射して行なわれ、現像はAZ400Kデベロッパー（ヘキストジャパン社製）により行われる。薄膜金属と接する部分のレジスト膜の壁面角度調整は、例えば13th IEMT Symp. pp208, 1992に記載されているような既知の方法で行なわれ、露光エネルギー、レジスト面とガラスマスクとの距離、及び現像液の濃度を調整することにより制御する。

【0056】このようにして、ボンディングパッド7に対応する部分に、ボンディングパッド7よりも大きな寸法で、レジスト膜51が開口形成されているシリコンウエハ1を、下記の混合溶液からなる硫酸銅メッキ液に浸漬し、浴温度25℃でCu/Tiを陰極として、リン含有（0.03～0.08重量%）高純度銅板を陽極として、電流密度1～5（A/dm<sup>2</sup>）で緩やかに攪拌しながら、図7に示すように、Cu/Ti膜上に銅52を35μm電気メッキする。

#### 【0057】

セトンに浸漬し、図8に示すように、剥離除去する。このとき剥離液として例えばAZリムーバー（ヘキストジャパン社製）を用いることも可能である。

【0060】次いで、ウエハ上に対して全面にCu<sub>3</sub>Snを5μm、及びCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>を2μm順次スパッタ法により堆積形成し、図9に示すように、第1の接続層4を設ける。第1の接続層4は二層積層構造を有するが、簡略して一層で示されている。このCu<sub>3</sub>Sn及びCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>の堆積方法は、スパッタ法に限定されるものではなく、電気メッキ法によりCuとSnを必要な当量膜

厚を堆積させて、 $\text{Cu}_3\text{Sn}$ あるいは $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ 形成する様に熱処理により形成しても良い。

【0061】次いで、 $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ 上に鉛含有層5を堆積させる。この鉛含有層5は、ハンダバンプとしてその上に形成されるべきハンダ合金中の鉛含有量を予め考慮して、その鉛含有層5中に含まれる鉛濃度を、ハンダバンプに近付く程順次低下させ、ハンダ合金と接する界面においてはバンプ金属材料と同量の鉛組成を有する構成になっていることが最も好ましい。

【0062】従って、鉛含有層の形成方法は、特に限定されるものではないが、例えば電気メッキ法により1～4 A/dm<sup>2</sup>の範囲で電流密度を変える公知の技術により組成を順次変化させる方法が比較的容易である。

スルホン酸ハンダメッキ液の組成  
 錫イオン ( $\text{Sn}^{2+}$ )  
 鉛イオン ( $\text{Pb}^{2+}$ )  
 脂肪族スルホン酸  
 ノニオン系界面活性剤  
 カチオン系界面活性剤  
 イソプロピルアルコール

電流密度は1～4 (A/dm<sup>2</sup>)とし、浴温度25℃で緩やかに攪拌しながらハンダ組成 ( $\text{Pb}/\text{Sn}$ ) が共晶組成にほぼ等しい、あるいはPb側またはSn側にわずかに移行した組成のハンダ合金層3を、図11に示すように、銅52上に65 μm析出させる。

【0066】こうしてハンダバンプ材料であるハンダ合金層3がボンディングパッド7上に連続的にメッキ形成される。次いで、図12に示すように、ウエハ1上のレジストAZ4903をアセトンを用いて除去する。

【0067】次いで、 $\text{Cu}/\text{Ti}$ 膜2上のハンダバンプ3が形成されているウエハ1上に例えばメッキレジストと同じAZ4903 (ヘキストジャパン社製) またはOFPR-800 (東京応化社製) の粘度調整を行った溶液をスピコートし、ハンダバンプ3表面に、レジスト膜53を形成する。粘度調整は、メッキ金属厚が厚い場合でも、メッキ突起電極の側面までレジスト膜53が形成される様に高粘度にする。

【0068】レジスト膜3はバンプ金属に対応した形状を表面に有しており、形成したレジスト膜3は、バンプ金属上で10 μm、バンプ金属が形成されていないPb/Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>/Cu<sub>3</sub>Sn/Cu/Tiで構成されるカソード金属の部分で55 μmの膜厚を有していた。

【0069】次いで、ハンダバンプ100 μmよりも開口寸法が2 μm大きい一辺が104 μmの開口パターンを有するガラスマスクを必要位置に位置合わせした後に露光する。露光は露光エネルギー2000 mJで行い、露光後150℃でウエハをホットプレート上でベークする。

【0070】次いで、ベークしたウエハを現像液に浸漬して現像する。

【0063】さらに鉛含有層5上に電気メッキ法を用いてハンダを選択形成する前に、上記と同様の方法を用いてメッキレジストAZ4903を用いて、図10に示すように、100 μm厚のレジスト膜を形成し、予め形成された銅突起よりも2 μm幅広い開口寸法でパターンニングする。

【0064】次いで、メッキ浴を下記に記載するスルホン酸ハンダメッキ液に変えて、電気銅メッキの場合と同様に、 $\text{Cu}/\text{Ti}$ を陰極としてメッキ液に対応する組成の、例えば高純度共晶ハンダ液を陽極として電気メッキを行う。

【0065】

|    |      |
|----|------|
| 12 | vol% |
| 30 | vol% |
| 41 | vol% |
| 5  | vol% |
| 5  | vol% |
| 7  | vol% |

【0071】以上の工程を行うことで、図13に示すように、レジスト膜53がハンダバンプ3上に選択的に形成される。このときのレジスト膜53は、薄膜金属と接する下方部分で55 μm、上方部分で75 μm幅であった。

【0072】次いで、例えば塩酸、硝酸の混合溶液で鉛含有層5をエッチング後、過硫酸アンモニウム、硫酸、エタノールから構成される混合溶液で $\text{Cu}_3\text{Sn}$ 及び $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ からなる積層体4を同時にエッチング除去する。さらに、過硫酸アンモニウム、硫酸、エタノールから構成される混合溶液、またはクエン酸、過酸化水素水、界面活性剤から構成される混合溶液で銅52の必要部分をエッチング除去後、アンモニア、エチレンジアミン4酢酸、過酸化水素水から構成される混合溶液でチタン2の必要部分をエッチング除去し、図14に示すような、半導体チップを得る。最後に、図15に示すように、被覆したエッチング用レジスト層53をアセトンを用いて溶解除去する。その後、リフローを行なうことにより、図16に示すように、半導体チップ上に、銅を最上層にするバリア金属上に $\text{Cu}_3\text{Sn}$ 、 $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ 及び鉛含有層が順次形成されたハンダバンプが得られる。

【0073】また、バンプ電極中の銅形状は、図7に示す形状に限るものではない。図17及び図18に、銅形状の他の例を表す図を示す。例えば図17または図18に示すように、銅の厚さを少し大きくして、バンプの高さを規定することができる。

【0074】以下に、図4に示すような本発明の第2の実施の形態に係る半導体装置の製造工程について説明する。

【0075】第1の実施の形態と同様の構成を有するシ

13

リコンウエハ上に、バリア金属層2としてNi/Tiを全面蒸着する。この金属構成はCu/Tiの場合と同様に、特に限定されるものではない。

【0076】次いで、第1の実施の形態と同様の方法を用いてメッキレジストAZ4903を必要部分のみ選択形成して、ボンディングパッド部分のみを開口する。

【0077】こうしてボンディングパッド部分のみが選

#### ニッケルメッキ液の組成

硫酸ニッケル  
塩化ニッケル  
ホウ酸  
サッカリン  
ホルマリン

次いで、メッキレジストAZ4903を除去して、Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>を例えばスパッタ法により全面形成し、第1の接続層41を形成する。続いて、第1の実施の形態と同様にして鉛含有層5を形成する。この鉛層の組成は第1の実施の形態と同様に、ハンダバンプ金属に向かって濃度が順次減少する組成が好ましい。さらに第1の実施の形態と同様の方法を用いてハンダ合金を堆積させる。

【0079】また第1の実施の形態と同様の方法を用いて、カソード金属をエッチングするためのレジストであるAZ4903またはOFPR-800からなるレジスト層をハンダバンプ上に選択形成する。

【0080】次いで、第1の実施の形態と同様の混合溶液を用いて鉛含有層5をエッチングし、Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>及びNi層を、硫酸銅5水和物、メタノール、塩酸、過酸化水素水、及び純水を混合した溶液でエッチングした後、Tiを第1の実施の形態と同様の溶液を用いてエッチングする。

【0081】さらに被覆したエッチングレジストをアセトンを用いて溶解除去する。

【0082】以上の工程を行うことにより、図4に示す構成のバンプ電極を形成する。

【0083】尚、このときのバンプ電極内部に形成されるニッケルの形状は必ずしも限定されるものではなく、例えば図17及び図18に示す様な構造を有するものであっても良い。

【0084】以下に、このようにして得られた半導体装置を回路配線基板に実装する工程について、図19ないし図21を用いて説明する。

【0085】一方、半導体チップを搭載する回路配線基板は例えば米国特許第4811082号あるいは通常の積層ガラスエポキシ基板の様に公知の方法である技術を用いて形成する。

【0086】基板の材質及び構造は、本発明の場合は特に限定されないが、ここでは例としてガラスエポキシ基板上に絶縁層と導体層をビルドアップさせた方式の、プリント基板SLC (Surface Laminar Circuit) 基板を用いる。

14

択開口されたレジストを有するシリコンウエハ1を下記の混合溶液からなるニッケルメッキ液に浸漬し、浴温度50℃で、Ni/Tiを陰極として、高純度ニッケル板を陽極として、電流密度1~6 (A/dm<sup>2</sup>) で緩やかに攪拌しながら、35μm厚のニッケルを電気メッキする。

【0078】

240 g/l  
45 g/l  
30 g/l  
19 g/l  
1~2 ml/l

【0087】図19に示すように、回路配線基板21は、半導体チップのバンプ電極に対応する接続端子23に、110μmφの開孔が設けられ、Cuが露出されている。基板の端子23以外にはソルダレジスト22が被覆されている。

【0088】次いで、公知の技術であるハーフミラーを有して位置合わせを行うフリップチップボンダーを用いて半導体チップと回路配線基板の位置合わせを行い、図20に示すように、バンプ電極24と回路配線基板21の接続端子23を電氣的、機械的に接触させる。このとき回路配線基板21は加熱機構を有するステージ上に保持され、Pb/Sn=40/60の融点よりも高い200℃に窒素雰囲気中で予備加熱されている。

【0089】さらに半導体チップ1と回路配線基板21が接触された状態で、半導体チップ1を保持するコレット54を基板21を搭載するステージと同じ温度200℃に窒素雰囲気中で加熱して、バンプ24表面に設けられているハンダを溶融することで、半導体チップ1と回路配線基板21の電極23とを、電氣的、機械的に仮接続させる。

【0090】最後に、窒素雰囲気中を有する250℃に、加熱されたリフロー炉中に半導体チップを搭載した回路配線基板を通過させることで、電氣的、機械的接続を実現させる。このとき、ハンダの表面張力により、セルフアライン効果が発生し、マウント時に発生した多少の位置ずれは修正され、正確な位置にボンディングが可能になる。

【0091】以上に示す工程を行うことにより、図21及び図2に示す様な半導体装置及び半導体装置をフリップチップ実装した電子回路装置を実現することができる。

【0092】尚、図22に示すように、必要に応じてフリップチップ実装した半導体装置1と回路配線基板21が作る隙間部分に公知の技術である樹脂を封止することも可能である。

【0093】本発明に係る半導体装置をフリップチップ実装した電子回路装置の信頼性を評価したところ、以下



の結果を得た。

【0094】図23は、10mm×10mmの半導体チップ上にPb/Sn=40/60のバンプ電極を256個、径100μmφで形成し、SLC基板上にフリップチップ実装した試料の信頼性を評価した結果である。256ピンの中で1箇所でも接続がオープンになった場合を不良と評価して、縦軸に信頼性寿命(Nf<sub>50</sub>)、横軸に温度サイクルを示した。サンプル数は1000個、温度サイクルは条件は(-55℃(30min)~25℃(5min)~125℃(30min)~25℃(5min))で行った。

【0095】図中、231は、ボンディングパッド上にCu(1μm)/Ti(0.1μm)を形成した場合、232は、Ni(1μm)/Ti(0.1μm)を形成した場合、233は、Pb(5μm)/Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>(0.2μm)/Cu<sub>3</sub>Sn(5μm)/Cu(1μm)/Ti(0.1μm)を形成した場合、234は、Pb(5μm)/Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>(0.3μm)/Ni(1μm)/Ti(0.1μm)を形成した場合、235は、Cu/Tiの構成でさらに樹脂封止を行った場合、236は、Ni/Tiの構成でさらに樹脂封止を行った場合、237は、Pb/Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>/Cu<sub>3</sub>Sn/Cu/Tiにさらに封止樹脂を行なった場合、238は、Pb/Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>/Ni/Tiにさらに封止樹脂を行なった場合を各々示す。なお、各々これらの積層体上にPb:Sn=40:60の割合のPb-Sn合金からなるハンダバンプを設けた。

【0096】ボンディングパッド上にCu(1μm)/Ti(0.1μm)を形成した試料は20サイクルで不良が発生し100サイクルで100%不良になったが、Pb(5μm)/Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>(0.2μm)/(Cu<sub>3</sub>Sn(5μm)/Cu(1μm)/Ti(0.1μm)形成した試料は1000サイクルまで不良は発生せず、2000サイクルで100%不良となった。さらに、この試料を公知の方法によりエポキシ樹脂で封止した試料の信頼性を評価した結果、3500サイクルまで不良は発生せず、従来のCu/Tiのみの構成で樹脂封止を行った試料が3000サイクルで不良が発生した場合に比較して信頼性を極めて向上することが解った。

【0097】更にボンディングパッド上にNi(1μm)/Ti(0.1μm)を形成した試料は50サイクルで不良が発生して、200サイクルで100%不良になったが、Pb(5μm)/Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>(0.3μm)/Ni(1μm)/Ti(0.1μm)形成した試料は、1500サイクルまで不良は発生せず、2500サイクルで100%不良となった。

【0098】更に、この試料を上記と同様のエポキシ樹脂で封止した試料の信頼性を評価した結果、4500サイクルまで不良は発生せず従来のNi/Tiのみの構成で樹脂封止した試料が3700サイクルで不良発生した

場合に比較して信頼性は極めて向上した。

【0099】尚、本試験を行ったときの破断モードに関しては、従来のCu/TiまたはNi/Tiのみを形成した試料はCu/TiまたはNi/Ti部分で破断が生じていたが、本発明による構成ではいずれの場合もハンダ部分で破断が生じておりバリア金属部分で破断することとはなかった。

【0100】図24は、バンプ電極のシエア強度を150℃の高温保存試験を行って測定した結果である。実線241、242、243は、Cu(1μm)/Ti

(0.1μm)を形成した後、その上にCuを、その膜厚を各々1μm、5μm、30μmに変化させて形成した場合を示し、実線244、245は、各々Cu(1μm)/Ti(0.1μm)を形成した後、その上にCu<sub>3</sub>Sn、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>及びPbを各々1000オングストローム/2μm/5μm、2μm/1000オングストローム/5μm堆積させた場合を示す。なお、これらの積層体上には、さらに各々Pb:Sn=40:60の割合のPb-Sn合金からなるハンダバンプが設けられている。

【0101】Cu膜厚が1μmのときは200時間でシエア強度は急激に低下し、Cu=5μmのときは400時間で低下する。更にCu膜厚を厚くした30μmのときはシエア強度が低下するまで時間は増加するが、800時間で急激な減少を示す。これらの破断モードはCuがハンダ中に拡散して、ハンダとTiの界面で発生しているものであった。

【0102】ところが図24の244、245に示す様に、Cu<sub>3</sub>Sn、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>をCu上に形成し、その上に高濃度Pb層を形成した試料は保存時間が増加してもシエア強度は急激に減少しない。特に、Cu<sub>3</sub>Sn膜厚がCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>膜厚に比較して厚い場合はシエア強度はほとんど低下しないことが解った。

【0103】図25は、図24のために用いられた試験と同様の試験をバリア金属がNi/Tiの場合に関して実施した結果である。実線251、252、及び253は、Ni(1μm)/Ti(0.1μm)を形成した後、その上にNiを、その膜厚を各々1μm、5μm、30μmに変化させて形成した場合を示し、実線254は、Ni(1μm)/Ti(0.1μm)を形成した後、その上にNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>(1μm)/Pb(5μm)形成した場合を示す。なお、これらの積層体上には、さらに各々Pb:Sn=40:60の割合のPb-Sn合金からなるハンダバンプが設けられている。

【0104】図24の場合と同様にNi膜厚が厚くなるほどシエア強度は急激に低下しないことが解る。特に、Ni/Ti上にNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>を形成し、Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>上に高濃度Pb層を形成した試料のシエア強度はほとんど低下しない。

【0105】図26は、Cu(1μm)/Ti(0.1

$\mu\text{m}$ ) 上に形成される  $\text{Cu}_3\text{Sn}/\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  または  $\text{Ni}/\text{Ti}$  上に形成される  $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$  の膜厚とシエア強度との関係を示した結果である。図中、261、262は、各々  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  膜厚  $< \text{Cu}_6\text{Sn}_5$  膜厚すなわち  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  を  $0.1\mu\text{m}$ 、 $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  を  $2\mu\text{m}$  形成した場合、 $\text{Cu}_3\text{Sn}$  膜厚  $> \text{Cu}_6\text{Sn}_5$  膜厚すなわち  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  を  $2\mu\text{m}$ 、 $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  を  $0.1\mu\text{m}$  形成した場合を示し、263は、 $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$  を  $1\mu\text{m}$  形成した場合を示す。なお、これらの積層体上には、さらに、Pb層  $5\mu\text{m}$  及び各々  $\text{Pb}:\text{Sn}=40:60$  の割合の Pb-Sn 合金からなるハンダバンプが設けられている。

【0106】図24における結果と同様に、 $\text{Cu}_3\text{Sn}$  膜厚  $> \text{Cu}_6\text{Sn}_5$  膜厚の場合の方が  $\text{Cu}_3\text{Sn} < \text{Cu}_6\text{Sn}_5$  の場合に比較して強度が高いことが解った。

【0107】更に、このときの  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  膜厚は  $0.05\mu\text{m} \sim 1.0\mu\text{m}$  の範囲内において強度が高く、別途行なった同様の試験から  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  膜厚は  $0.02\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$  の範囲においてシエア強度が高いことも解った。

【0108】図27は、第2の接続層として形成される金属の鉛濃度とシエア強度との関係を示した図である。実線271、272、273は、各々、ハンダ組成  $\text{Pb}:\text{Sn}=10:90$ 、 $\text{Pb}:\text{Sn}=40:60$ 、 $\text{Pb}:\text{Sn}=90:10$  のときの鉛濃度とバンプ剪断強度との関係を表すグラフ図を示す。図示するように、形成するハンダ組成に合わせて、鉛濃度がハンダ組成中の鉛濃度  $>$  鉛濃度の範囲内において増加するが、鉛濃度が、ハンダ組成  $<$  鉛濃度において高い一定値を示すことが解る。

【0109】従って、バンプ電極金属を錫鉛合金ハンダで構成するとき、第2の接続層として構成する金属は、バンプ電極材料を構成するハンダ中の鉛濃度  $<$  第2の接続層中の鉛の組成であることが良いことが解った。

【0110】また、図28には、均一な鉛含有層を形成した場合と、ハンダバンプ層に向かって段階的に鉛含有量を低下させた段階的鉛層を形成した場合について、その信頼性の評価結果を示す。ここでは、 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$  の半導体チップのボンディングパッド上に  $\text{Pb}$  ( $5\mu\text{m}$ ) /  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  ( $0.1\mu\text{m}$ ) -  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  ( $2\mu\text{m}$ ) /  $\text{Cu}$  ( $1\mu\text{m}$ ) /  $\text{Ti}$  ( $0.1\mu\text{m}$ ) の積層体を形成し、その上に  $\text{Pb}/\text{Sn}=60/40$  のバンプ電極を256個、径  $100\mu\text{m} \phi$  で形成し、SLC基板上にフリップチップ実装した試料の信頼性を評価した結果である。

【0111】256ピンの中で1箇所でも接続がオープンになった場合を不良と評価して、縦軸に信頼性寿命 ( $\text{Nf}_{50}$ )、横軸に温度サイクルを示した。サンプル数は1000個、温度サイクルは条件は ( $-55^\circ\text{C}$  (30min)  $\sim 25^\circ\text{C}$  (5min)  $\sim 125^\circ\text{C}$  (30min)  $\sim 25^\circ\text{C}$  (5min)) で行った。

【0112】図中281は、均一な鉛層を形成した場合、282は段階的鉛層を形成した場合を各々示す。

【0113】図28の結果から、この鉛金属層は濃度が一定の値を有する均一層よりも段階的にハンダ層に向かって低下する場合の方が高い信頼性を示すことが解った。

【0114】これらの結果から本発明を用いた半導体装置の信頼性は従来の方法に比較して充分であることが確認された。

10 【0115】尚、本発明による半導体装置は樹脂封止を行なった場合において、特に信頼性が著しく向上することも確認された。

【0116】さらに本発明に用いられるバリア金属材料は、Cu、Niに限定するものではなく、例えばAu、W、Ag、Al、Cr、あるいはTi等を使用することができる。また、形成するハンダバンプ材料は、例えばPb-Sn合金のみならず、Sb、Bi、In、Ga、Geなどが混合されたものであっても良く、その効果は何ら変わるものではない。

20 【0117】

【発明の効果】本発明によれば、バンプ電極を形成する金属の、特にバリアメタルとハンダバンプとの間に拡散進行を防止する安定な合金からなる第1の接続層と、ハンダバンプを構成する金属のうち安定な合金を形成する元素以外の元素を高濃度に含む第2の接続層が形成配置されているために、これらの2種類の金属層がバリアメタルとハンダバンプ間の金属拡散ストッパーとして作用し、金属間化合物が必要以上に生成することを防ぎ、拡散による接続強度の低下を防止することが可能となる。また、ハンダバンプをハンダ融点以上に加熱してリフロー接続するとき、バリアメタルとして形成した最上層金属がハンダに溶解され、ハンダと濡れ性のよくない下地バリアメタルがハンダと接触し、密着力が低下することも防ぐことができる。

【0118】また、本発明によれば、これまで半導体装置を長期間に渡って使用した場合に問題となっていたバリアメタル部分の剥離に起因するバンプ電極破壊を防止することができ、フリップチップ実装した半導体装置の信頼性を極めて向上させることが可能となり、高密度に半導体チップを実装し、シエア強度が低下しない信頼性の高い半導体装置を容易に実現することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る半導体装置の基本的構造を示す断面構成図

【図2】 本発明に係る半導体装置をフリップチップ実装した電子回路装置の基本的構造を示す部分構成図

【図3】 本発明にかかる半導体装置の第1の実施の形態に係る半導体装置の概略断面図

50 【図4】 本発明にかかる半導体装置の第2の実施の形態を表す概略断面図

【図 5】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 6】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 7】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 8】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 9】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 10】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 11】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 12】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 13】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 14】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 15】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 16】 第 1 の形態にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の製造工程を説明するための図

【図 17】 バンプ電極内部に形成されるバリア層の形状の一例を示す図

【図 18】 バンプ電極内部に形成されるバリア層の形状の他の一例を示す図

【図 19】 半導体装置を回路配線基板に実装する工程を説明するための図

【図 20】 半導体装置を回路配線基板に実装する工程を説明するための図

【図 21】 半導体装置を回路配線基板に実装する工程を説明するための図

【図 22】 本発明にかかるバンプ電極を備えた半導体装置の他の例を示す図

【図 23】 本発明の第 1 及び第 2 の形態にかかる電子

回路装置の信頼性を表すグラフ図

【図 24】 高温保存による本発明の第 1 の形態にかかる電子回路装置の信頼性を表すグラフ図

【図 25】 高温保存による本発明の第 2 の形態にかかる電子回路装置の信頼性を表すグラフ図

【図 26】 二層構造の第 1 の接続層の各膜厚とシア強度との関係を表すグラフ図

【図 27】 第 2 の接続層として形成される金属の鉛濃度とシア強度との関係を表すグラフ図

10 【図 28】 鉛含有層の組成による信頼性の違いの評価結果を示すグラフ図

【図 29】 従来の技術を説明するための図

【図 30】 従来の技術を説明するための図

【図 31】 銅-錫状態図

【図 32】 ニッケル-錫状態図

【符号の説明】

1…半導体チップ

2…バリア金属層

3…はんだバンプ

20 4…第 1 の接続層

5…第 2 の接続層

6…パッシベーション膜

21…回路配線基板

22…ソルダーレジスト

23…接続用端子

24…バンプ電極

31… $\text{Cu}_3\text{Sn}$  層

32… $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  層

33…高濃度鉛層

30 41… $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$  層

42…バリアメタル

51…メッキレジスト

52…銅

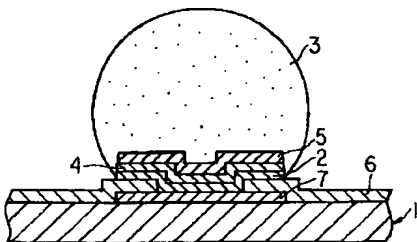
53…エッチングレジスト

54…コレット

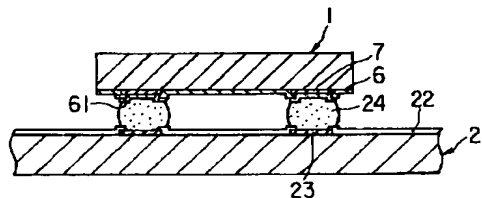
55…基板加熱ヒータ

56…封止樹脂

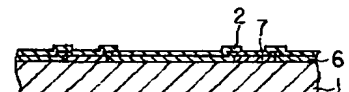
【図 1】



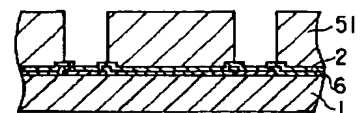
【図 2】



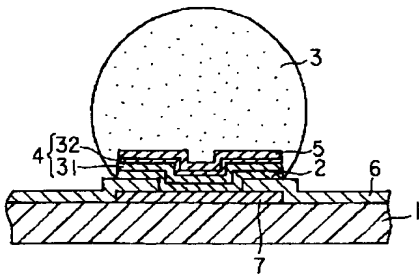
【図 5】



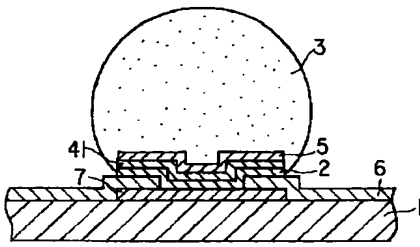
【図 6】



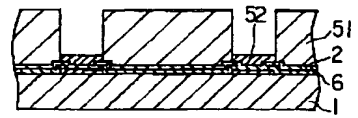
【図 3】



【図 4】

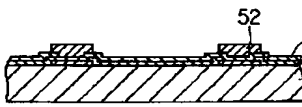


【図 7】

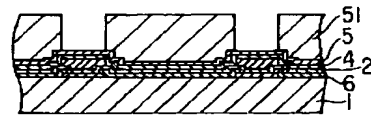
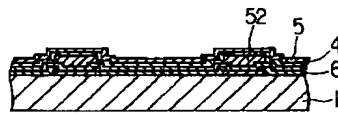


【図 10】

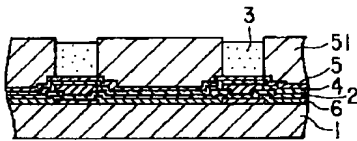
【図 8】



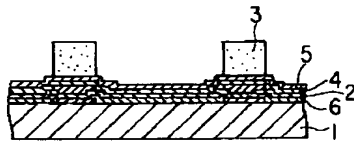
【図 9】



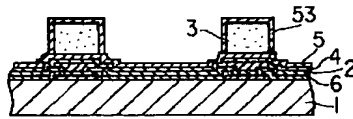
【図 11】



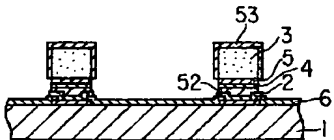
【図 12】



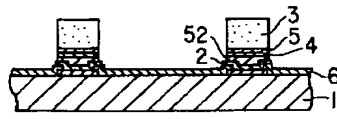
【図 13】



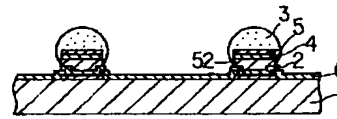
【図 14】



【図 15】

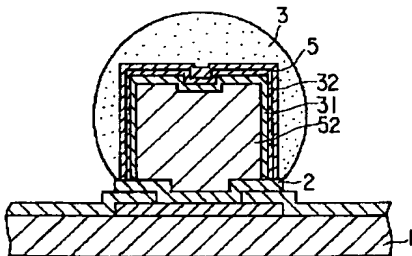


【図 16】

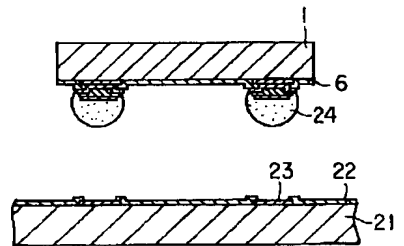


【図 18】

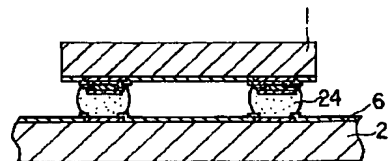
【図 17】



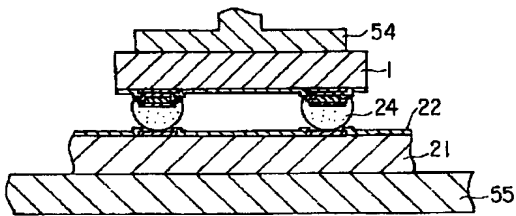
【図 19】



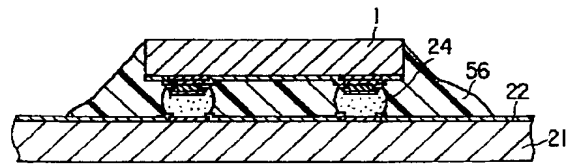
【図 21】



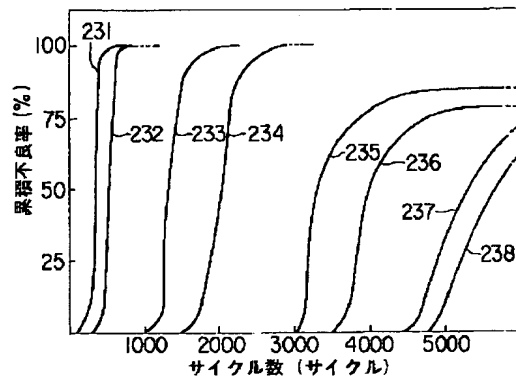
【図 20】



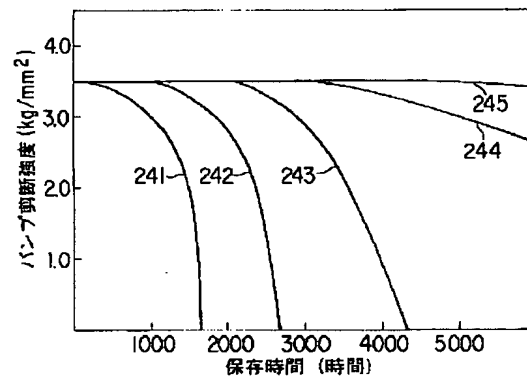
【図 22】



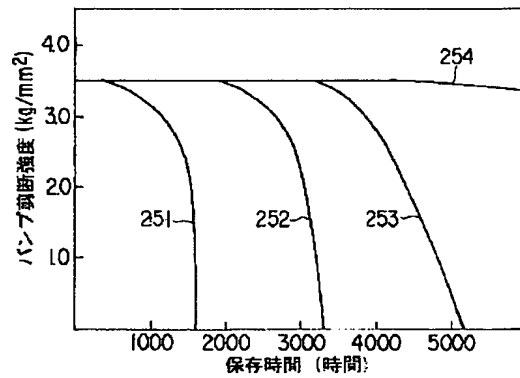
【図 23】



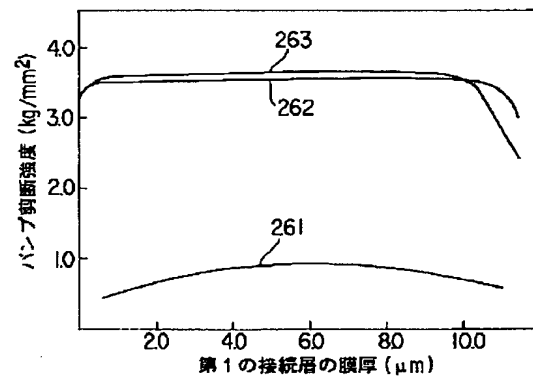
【図 24】



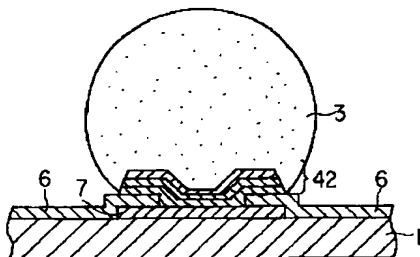
【図 25】



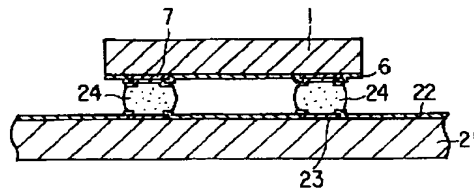
【図 26】



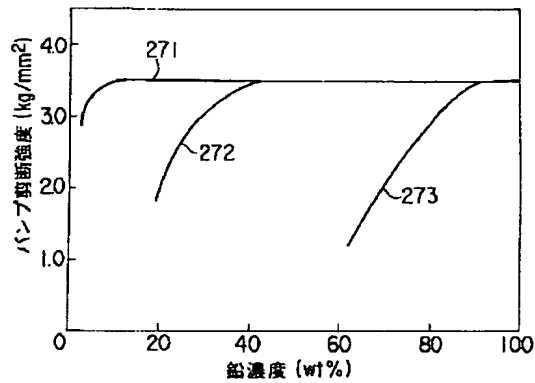
【図 29】



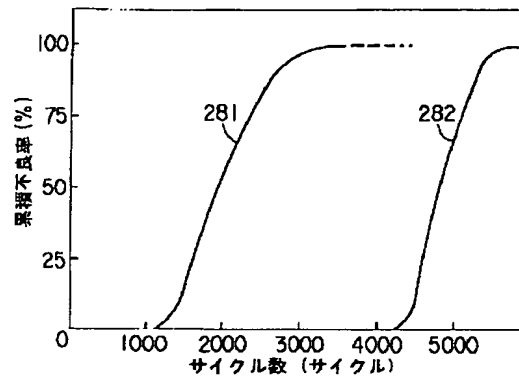
【図 30】



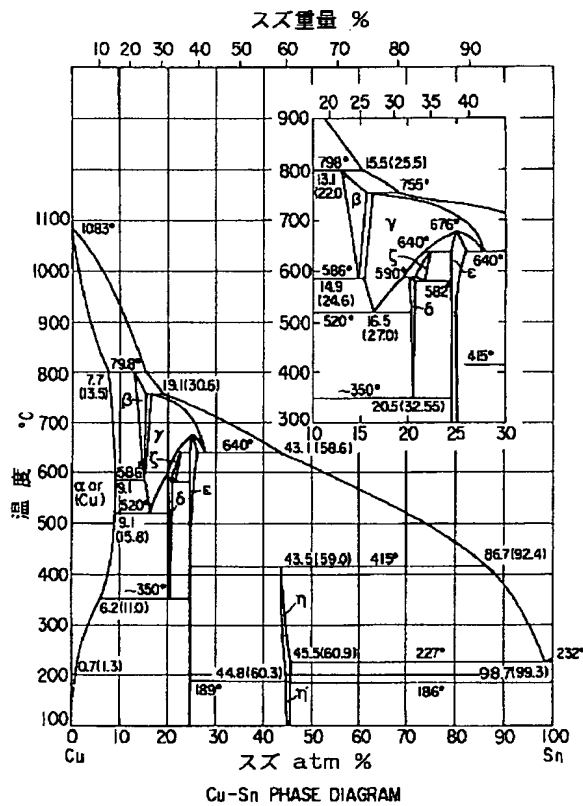
【図 27】



【図 28】



【図 31】



【図 32】

